

調査報告

屋外におけるタバコ煙の周囲への影響 —京都の某寺社における大気中のPM2.5濃度の 測定による評価—

野下 結衣¹, 飯田 優里², 大和 浩³, 中村 亜紀², 宮脇 尚志^{1,4*}

Effects of smoking outdoors on surroundings
—Assessment of PM2.5 levels in the air at a temple in Kyoto—

Yui Noshita, Yuri Iida, Hiroshi Yamato, Aki Nakamura, Takashi Miyawaki

Summary

Secondhand smoke may have several adverse effects on humans. In April 2020, the revised Health Promotion Act came into effect in Japan, making smoking within buildings where people gather a punishable offense. However, this law has not provided clarification on the presence of secondhand smoke outdoors. This study aims to clarify the effects of tobacco smoke on surroundings in an outdoor temple in Kyoto.

We generated artificial tobacco smoking via the use of a 50 cc syringe at the test point (TP) in an open space smoking area of the temple and measured the particulate matter 2.5 (PM2.5) level of the surrounding area (horizontal: 5, 14, 23, and 35 m, downward in vertical: 2, 5, and 8 m from the TP).

Subsequently, the PM2.5 levels were increased above the environmental standard level set by the Japanese Ministry of the Environment in all horizontal and downward vertical points. The PM2.5 levels increased spontaneously at a horizontal distance of 5 m from the TP, with a maximum particulate level of 649 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and at a downward vertical distance of 2 m from the TP with the maximum particulate level of 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tobacco smoking resulted in a high level of secondhand smoke over a long distance from the smoking point outdoors, both in horizontal and downward vertical directions.

(Received 26 October, 2020, Accepted 7 December)

I. はじめに

タバコ煙には、5,300種類以上の化学物質が含まれ、そのうち70種類以上は発がん物質として世界保健機関（WHO）の国際がん研究機関（IARC）によって同定されている¹⁾。また、有害物質は200種類に及

ぶ²⁾。タバコ煙は粒子相とガス相に分けられ、粒子相にはタールやニコチンのほか、発がんの発端となる遺伝子変異を引き起こす多環芳香族炭化水素類や、発がん性を持ち内分泌攪乱化学物質として生体に影響を及ぼすダイオキシン類なども含む。これらの粒子は直径0.3~0.4 μm 程度であり非常に小さいため、微小粒子状物質（Particulate matter; PM2.5）に分類される。PM2.5は上気道で除去されず、肺の深部である肺胞領域まで到達することにより呼吸器に深刻な影響を及ぼすほか、心疾患死亡や肺がん死亡と密接な関連がある。そのため、環境省のPM2.5に係る環境基準では1年平均値15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下かつ1日

¹ 京都女子大学家政学部 食物栄養学科

² 京都女子大学家政学部 生活福祉学科

³ 産業医科大学 産業生態科学研究所 健康開発科学研究室

⁴ NPO 法人京都禁煙推進研究会（タバコフリー京都）

*連絡先 京都市東山区今熊野北日吉町 35

平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と定められている³⁾。

日本で受動喫煙による死亡は年間 15,000 人に及び⁴⁾、受動喫煙が非喫煙者に多大な健康影響をもたらすことが明らかであることから、2020 年 4 月より完全施行された改正健康増進法では、学校・病院・児童福祉施設・行政機関等においては敷地内禁煙となり、それ以外の事務所、飲食店などの多数のものが利用する施設においては原則屋内禁煙が義務付けられた⁵⁾。しかし、屋外については「喫煙を行う場合は周囲の状況に配慮」するという表現にとどまっており、規制は事実上設けられていない。

京都は寺社の多い世界有数の観光地であり、参拝客をはじめ、多くの国内外の観光客が訪れることから、国際的にも受動喫煙防止対策について先進的な取組が求められる。そこで、本調査では、京都市内のある寺社関連施設の屋外喫煙所において人工的にタバコ煙を発生させ、その付近における大気中の PM2.5 濃度を測定することにより、寺社への参拝者や観光客が曝露される可能性のある受動喫煙の程度を検討し、屋外における受動喫煙対策の一助とすることを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 測定条件・測定場所

京都市内の某寺社敷地内の屋外ベランダ喫煙所近辺の参拝者が通行する数か所の位置で PM2.5 濃度の測定を行った。喫煙所は仕切りや囲い等のないオープンスペースであり、屋根のついたベランダに設置されていた。ベランダは約 1.5 m 程度の高さの吹き抜けの壁が設置されており（図 1）、壁の向こう側は下方に幹線道路があった。外部の測定は 2019 年 3 月 9 日に行い、当日の天候は晴れのち曇り、東北東の風、気温は 12.5°C であった。



図 1. 屋外の喫煙場所（オープンスペース）

喫煙所から水平方向の 5, 14, 23, 35 m 離れた位置における参拝者の通路で 30 分間測定した（図 2）。また、喫煙所に隣接する吹き抜け階段の垂直下方向 2, 5, 8 m の位置で 38 分間測定した（図 3）。

なお、本測定の実施及び結果の公表については、当該寺社の了解を得た。

2. 測定方法

トランステック株式会社のデジタル粉塵計（SIDEPAK™ 個人用粉塵曝露モニタモデル AM510）を用い、PM2.5 濃度を 5 秒ごとにリアルタイムで測定した。測定する高さは、厚生労働省による「職場の空気環境の測定方法等」⁶⁾を参考に、三脚を用いて装置の粉塵吸入口が床から 120 cm の高さになるよう調整した（図 4-1）。

3. 人工タバコ煙発生方法

タバコはシェアが最も多い銘柄（セブンスター）を使用した。喫煙所に喫煙者がほぼ見られない時間帯に人工煙を発生させた。人工煙は、成人の 1 回換気量（約 500 ml）⁷⁾の 10 分の 1 である 50 ml を発生させた。すなわちタバコを 1 本ずつ着火後、カテー

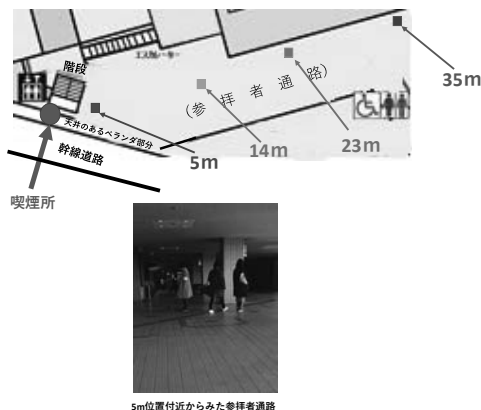


図 2. 喫煙所から水平方向の測定

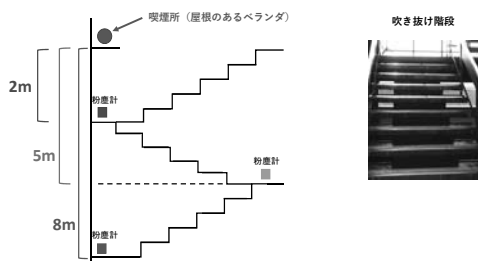


図 3. 喫煙所から垂直下方向の測定

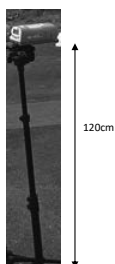


図4-1. デジタル粉塵計と測定の高さ

テルチップ付き 50 ml シリンジにて吸引しシリンジ内にタバコ煙を溜め、内筒を押し出すことで煙を発生させ、この作業を数回繰り返した（図4-2）。

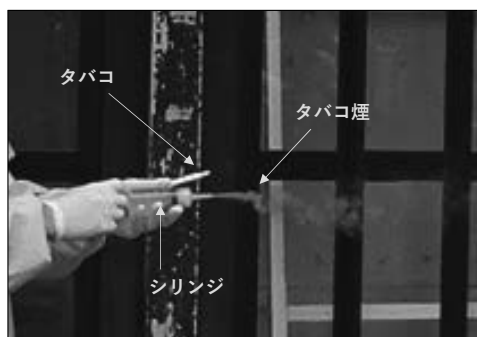


図4-2. タバコ煙発生方法

4. 環境基準値

タバコ煙による大気中の PM2.5 濃度の基準値は存在しないため、今回は、参考値として環境省の PM2.5 にかかる環境基準を採用した（1年平均値 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下かつ1日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）³⁾。

Ⅲ. 結果

図5及び図6にそれぞれ喫煙所から水平方向に離れた通路及び垂直下方向に離れた階段の位置における PM2.5 値をリアルタイム濃度で示す。なお、測定中に喫煙者がいた時間帯は、その時間帯を図5に示す。

水平方向（図5）では、最大値は5 m 位置における時刻 13:37 の $649 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、すべての場所において環境基準1日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時刻が認められた。測定時間中の平均値は、5 m: $25.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 14 m: $16.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 23 m: $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 35 m: $15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

垂直下方向（図6）では、最大値は2 m 位置における時刻 14:40 の $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、また、すべての場所において環境基準1日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時刻が認められた。測定時間中の平均値は、2 m: $11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 5 m: $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 m: $12.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

Ⅳ. 考察

本調査の結果、某寺社敷地内の屋外ベランダ喫煙所近辺における、参拝者等が通行する通路及び階段においては、水平方向で、喫煙所から最大で水平方向 35 m の位置、垂直下方向 8 m の位置までタバコ煙の影響が認められ、参拝者等が基準を超える受動

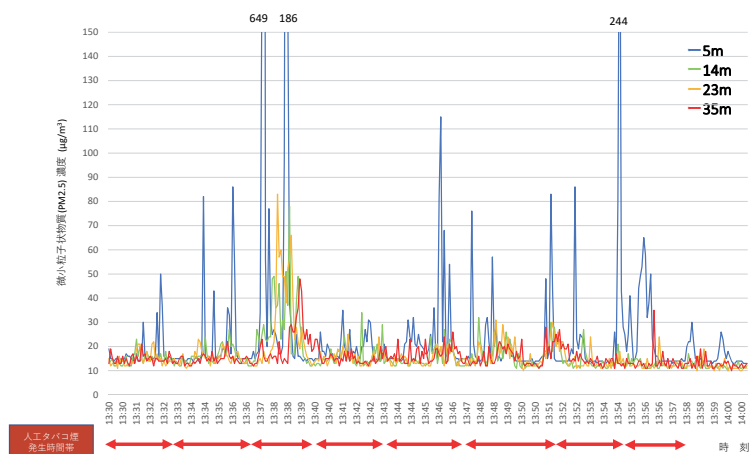


図5. 喫煙所から水平方向に離れた通路の位置における PM2.5 濃度

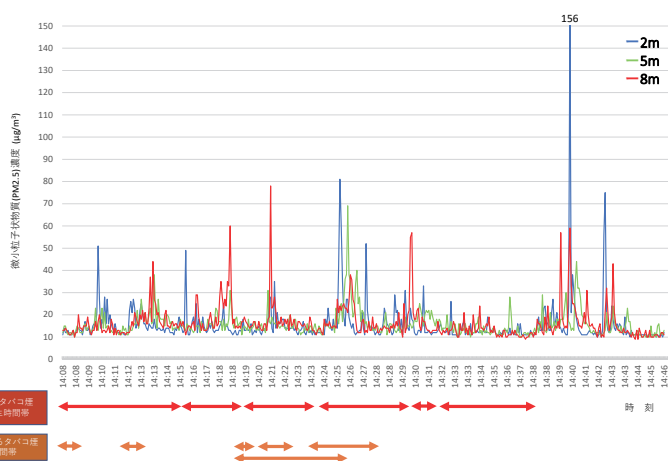


図6. 喫煙所から垂直下方向に離れた階段の位置におけるPM2.5濃度

喫煙に曝露される可能性があることが明らかとなった。

内閣府が2019年7月に行ったがん対策・タバコ対策に関する世論調査では、「受動喫煙対策の強化」を政府に期待する者の割合が多く、具体的な受動喫煙対策についても、屋外喫煙所の設置や屋外喫煙所からのたばこ煙の流出防止対策の強化について希望する意見が多くみられた⁸⁾。しかし、2020年4月に全面施行された改正健康増進法において、屋外における受動喫煙についての記載は「喫煙を行う場合は周囲の状況に配慮」³⁾という表現に留まっており、具体的な規制は講じられていない。この理由として、屋外では、タバコ煙は大気中で拡散し濃度が薄まるということと、天候や風向きによりタバコ煙の影響が変わるため、一定の基準を設けることが難しいと考えられるためである。そのため、法施行後も、屋外では灰皿のみ設置してあるオープン型の喫煙所が多く存在する。

これまでの受動喫煙に関する研究では、屋内の場合、密閉された喫煙所⁹⁾やフロア分煙のホテル¹⁰⁾であってもタバコ煙は周囲に漏出しているため、受動喫煙を防止することができないことが報告されている。しかし、屋外に設置されたオープンスペースの喫煙場所から発生するタバコ煙について周囲への拡散状況を検討した報告は少ない。日本の某市街地の屋外喫煙場所付近でPM2.5濃度を測定した報告では、喫煙場所から25m離れた場所まで影響が及んでいた¹¹⁾。また、大学構内における屋外の喫煙場所近辺で測定したPM2.5濃度は、喫煙所より5m離れた場所でも環境基準を超える値となることが明らかにされている¹²⁾。我々の研究においても、某駐車場に

における屋外のオープンスペースの喫煙所で発生するタバコ煙は、喫煙所から水平距離で18m遠方にまで及んでいた¹³⁾。屋外における受動喫煙のメタアナリシスでは、高濃度のPM2.5が屋外における開放型あるいは半開放型の喫煙場所のみならず隣接する屋内の禁煙エリアにおいても認められていることから¹⁴⁾、屋外であっても建物の出入りに隣接する喫煙場所では、ドア開閉時などにタバコ煙が屋内へ流入する影響は否定できない。我々が建物の出入口そばにある屋外の喫煙所及びその付近で検討した結果においても、出入口のドアの開閉時にタバコ煙が建物内に流入し、その影響は喫煙場所から水平距離で21mまで及んでいた¹³⁾。このように、屋外であっても受動喫煙の影響は広範囲に及ぶことが考えられる。

受動喫煙に関連するエビデンスの明らかな健康被害として、成人の疾患では、肺がん、虚血性心疾患、および脳卒中が知られており、呼吸器への急性影響では、臭気・不快感および鼻の刺激感がある。小児の受動喫煙による影響では、喘息の既往、および乳幼児突然死症候群（SIDS）があげられる¹⁵⁾。また、屋外での短時間の受動喫煙であっても、女性の喘息患者における呼吸機能を有意に悪化させることが報告されている¹⁶⁾。今回の結果から、屋外においてもタバコ煙による広範囲によるPM2.5の拡散を考えると、改正健康増進法における屋外喫煙の場合の「周囲の状況に配慮」することは極めて難しく、受動喫煙による健康障害の可能性を排除するためには、屋外での喫煙を禁止することが望ましいと考えられる。

今回の測定結果では、測定時間中の平均値はいずれの位置においても環境基準の値を下回っていた。しかし、今回発生させた人工タバコ煙は喫煙者1名

が1回に吐き出すタバコ煙の10分の1程度であるため、実際に喫煙者が吐き出すタバコ煙のPM_{2.5}の拡散は今回の平均値よりも高い可能性がある。また、アメリカ環境保護庁EPAによる屋外大気の大気質分類では、今回の結果で得られた水平方向の最大値649 µg/m³は、“Hazardous（緊急事態）”、垂直下方向の最大値156 µg/m³は、“Very unhealthy（大いに危険）”に相当する値である¹⁷⁾。従って、一時的であっても高濃度のPM_{2.5}が身体に影響を及ぼす可能性は否定できないと考えられる。

本研究の限界として、第一に、PM_{2.5}はボイラー、焼却炉などのばい煙を発生する施設や自動車、船舶、航空機等の人為起源のもの、さらには、土壌、海洋、火山等の自然起源のものがある³⁾。そのため、本研究で測定したPM_{2.5}がすべてタバコ煙によるものかは不明である。測定したPM_{2.5}がタバコ煙由来であることを確認するためには今後はタバコ煙に含まれるニコチンの大気中濃度も測定する必要がある。第二に、本調査は特定の場所における環境下での測定であるため、気温や天候、風向きなどによってPM_{2.5}濃度が異なる可能性がある。また、垂直下方向の測定の階段は吹き抜けであるため、吹き抜けでない階段の垂直下方向の評価は出来ていない。第三に、今回、発生させた人工的なタバコ煙の量は、喫煙者の実際の喫煙量と同じではない。第四に、階段における測定は下方向への受動喫煙の状況を検討したのみで、上方向の検討は行っていない。第五に、タバコ煙によるPM_{2.5}値の基準が定められていないため、今回の調査では大気中の環境基準によるPM_{2.5}濃度の基準を用いている。

このような限界はあるものの、本研究により某寺社敷地内におけるオープンスペースの喫煙所付近では、水平方向では少なくとも最大35m離れた位置、垂直下方向では少なくとも8m位置において環境省の環境基準を超えるPM_{2.5}濃度に曝露されることが明らかになった。京都は寺社が多く、国内外から多くの観光客が訪れる国際都市であることを踏まえると、屋外における喫煙を原則禁止にして屋外の受動喫煙を防止するなどの踏み込んだ取り組みが望ましいと考えられる。

謝辞

屋外でのPM_{2.5}濃度測定場所をご提供いただいた京都市内の某寺社施設の皆様、及びPM_{2.5}濃度の測定にご協力いただいた京都大学の高橋裕子先生、NPO法人京都禁煙推進研究会の皆様、京都女子大学

家政学部食物栄養学科及び生活福祉学科の学生の皆様にお礼申し上げます。

利益相反

本研究において利益相反はない。

文献

- 1) IARC working group on the evaluation of carcinogenic risks to Humans. Tobacco smoke and involuntary smoking. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* **83**, 81–83 (2004)
- 2) 田淵貴大：「タバコ煙の成分 in 禁煙学（日本禁煙学会編），改訂4版」，南山堂，東京，2020年，pp.2–6.
- 3) 環境省：微小粒子状物質（PM_{2.5}）に関する情報．<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#STANDARD>（閲覧日：2020年10月21日）
- 4) 厚生労働科学研究費補助金循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業「たばこ対策の健康影響および経済影響の包括的評価に関する研究」報告書 2016
- 5) 厚生労働省：健康増進法の一部を改正する法律（平成30年法律第78号）概要（2018）．<https://www.mhlw.go.jp/content/12602000/000345655.pdf>（閲覧日：2019年10月21日）
- 6) 厚生労働省：職場の空気環境の測定方法等．<https://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/05/h0509-2b.html>（閲覧日：2020年10月21日）
- 7) 内田さえ，佐伯由香，原田玲子編：「人体の構造と機能 第5版 呼吸器系」，医歯薬出版株式会社，東京，2019年．
- 8) 内閣府：がん対策・タバコ対策に関する世論調査．<https://survey.gov-online.go.jp/r01/r01-gantaisaku/2-2.html>（閲覧日：2020年10月21日）
- 9) 鈴木史明，笠松隆洋．国内空港における喫煙室利用者の能動喫煙および受動喫煙の実態調査．*禁煙会誌* **11**，123–129（2016）
- 10) 小西彩絵，大和浩，西山信吾ほか．フロア分煙の某ホテルにおけるPM_{2.5}濃度の測定．*禁煙会誌* **15**，11–16（2020）
- 11) Yamato H, Mori N, Horie R, et al. Designated smoking areas in streets where outdoor smoking is banned. *Kobe J Med Sci* **59**, E93–105 (2013)
- 12) 宮崎雄輔，岩崎裕子，雨谷敬史ほか．静岡県立大学における浮遊粒子測定に基づく喫煙所の撤

- 去について, 禁煙科学 **12**, 1–5 (2018)
- 13) 飯田優里, 野下結衣, 大和浩ほか. 屋外の開放型喫煙所から漏出するタバコ煙の状況 ～就学年齢の子どもに対する受動喫煙防止に向けて～. 京都女大生活福祉 印刷中
- 14) Sureda X, Fernández E, López MJ, et al. Secondhand tobacco smoke exposure in open and semi-open settings: A systematic review. *Environ Health Perspect* **121**, 766–773 (2013)
- 15) 厚生労働省: 喫煙の健康影響に関する検討会編. 喫煙と健康喫煙の健康影響に関する検討会報告書 (2016). <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/0000172687.pdf> (閲覧日: 2020年10月21日)
- 16) Keogan S, Alonso T, Sunday S, et al. Lung function changes in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma exposed to secondhand smoke in outdoor areas. *J Asthma* **22**, 1–7 (2020)
- 17) US EPA Air Quality Index. https://www.researchgate.net/figure/US-EPA-Air-Quality-Index-conversion-from-the-AQI-to-PM-25-concentration-ranges-11_fig7_237088721 (閲覧日: 2020年11月25日)